

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06138137
PUBLICATION DATE : 20-05-94

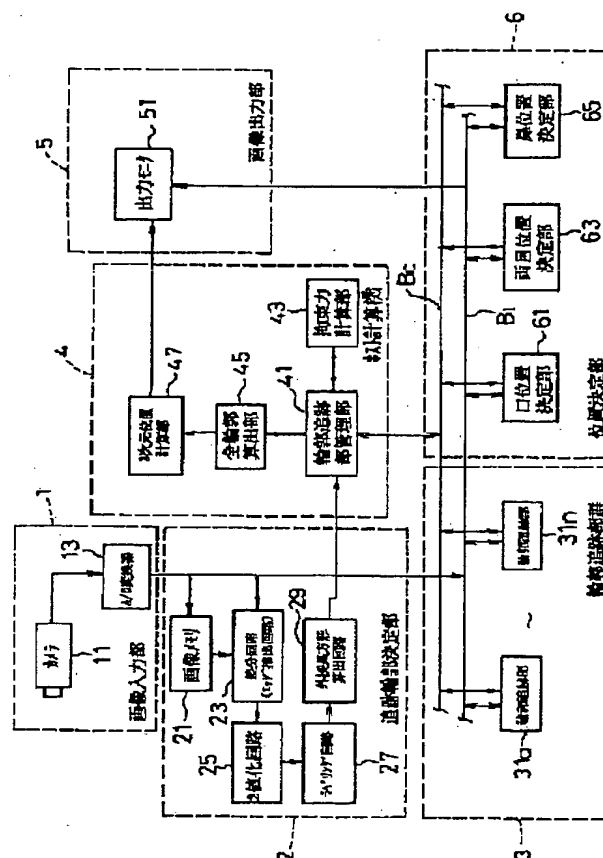
APPLICATION DATE : 26-10-92
APPLICATION NUMBER : 04287951

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : FUKUI KAZUHIRO;

INT.CL. : G01P 13/00 G06F 15/70 H04N 7/137
H04N 7/18

TITLE : MOVING-OBJECT EXTRACTION
APPARATUS



ABSTRACT : PURPOSE: To extract the contour shape of a moving object and its movement simultaneously and stably irrespective of a background image or the rigidity of a B-spline snake by a method wherein an object which is moving is detected on the basis of image information, a plurality of contour tracking means are installed and the contour shape and the movement of the moving body are found on the basis of the shape of the plurality of tracking means and their movement.

CONSTITUTION: An image 1 which has been input from a camera 11 is A/D-converted, it is sent to a tracking-contour decision part 2, and the difference between it and an image, in a frame prior to it, which has been memorized 1 is found by a difference circuit 23. The difference from a background image is binary-coded 25, it is labeled 27, a circumscribed rectangle is computed 29, and the coordinates of the circumscribed rectangle with reference to a moving object are found. Information on them is output to a contour-tracking-part control part 41, and the control part 41 arranges a contour-tracking-part group 3 in a rectangular region. A plurality of contour tracking parts 31 search edges only at the inside of the circumscribed rectangle, and they send positional information on the extracted edges to the control part 41. A whole contour computation part 45 ties partial contours on the basis of information which has been input, and a three-dimensional position computation part 47 finds the three-dimensional position of a face and outputs it to an output monitor 51.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

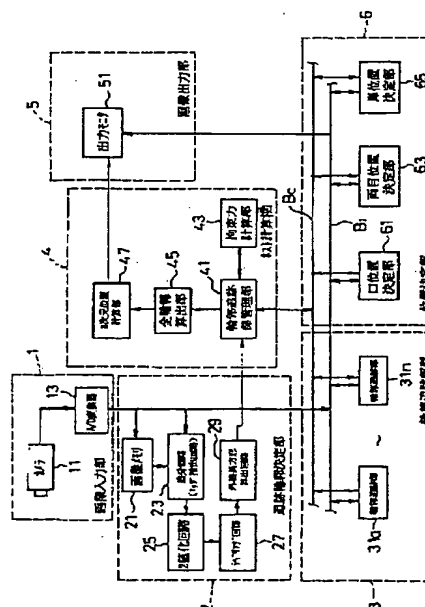
(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 19 頁)

(57) 【要約】

【構成】 本発明の動物体抽出装置は、供給される画像情報から動きのある物体を検出し、その輪郭を抽出する輪郭抽出手段と、この輪郭抽出手段で抽出された輪郭を対象として設けられる複数の輪郭追跡手段と、この複数の輪郭追跡手段の形状とその動きから当該物体の輪郭形状と動きとを求める動物体抽出手段とを備えて構成される。



$$E = \sum (E_{int}(vi) + E_{image}(vi) + E_{ext}(vi)) \quad (1)$$

ここで、 $E_{int}(vi)$ は、スネーク曲線自身が滑らかに成ろうとする力（内部エネルギー）、 $E_{image}(vi)$ は、画像特徴（線、エッジ、色など）に引き寄せられる力（画像エネルギー）、 $E_{ext}(vi)$ は、外部からの強制力（外部エネルギー）となる。

【0008】別の観点から見ると、Snakeモデルは、拘束条件下でスプライン関数を求める手法とも考えられる。スネークは、 n 点の離散的な点列 $V_i = (X_i, Y_i)$ ($i=0, n$) から成る閉曲線で構成される。物理的な表現をすると、ある程度剛性を有する針金を、エッジに引き付けられる力で徐々に変形させる過程に例えられる。引き付けられる力と針金自身が持つ復元力が釣り合った状態が、エネルギー最小化の状態である。外部エネルギーは、外部から加わる拘束力であるが、外部からこのような力が加わらない場合は、考慮しない。

【0009】このスネークは、エネルギー関数の最小化問題を弛緩法で解くため、非常に計算量が多い、この計算を動的計画法で解く手法も開発されているが、リアルタイムに処理するのは、容易ではない。また、スネーク曲線自身の滑らかになろうとする度合（以下、剛性と呼ぶ）は、内部エネルギー関数内のパラメタで定義されるので、これを最適に決定する必要がある。細かい凹凸輪郭を抽出する時と、荒い凹凸輪郭を抽出するときでは、剛*

*性のパラメータを変化させる必要があり、計算量もさらに増加する。

【0010】そこで、これらの問題を解決するために、コンピュータグラフィックスの分野で曲線を表現するのに良く使われるBスプライン曲線、ベッリエ曲線を導入したBスプラインスネーク（B-Spline snake ; R. Cipolla, A. Blake, "The dynamic Analysis of Apparent Contours" In Proc. 3rd Int. Conf. on Computer Vision, pp616-623(1990)）が開発された。

【0011】このBスプラインスネークは、従来のスネークに比べて、収束繰り返し計算を行なわないため処理が軽く、リアルタイム処理が可能である。図1に、Bスプラインスネークの概略図を示す。

【0012】具体的な処理は、以下の5段階から成る。

【0013】ステップ1. 初期値として、幾つかの制御点を与える。

【0014】ステップ2. この制御点で表されるベッリエ曲線（あるいは、Bスプライン曲線）上の座標 $X(s)$ 、 $Y(s)$ を次式で計算する。ここで、 s は、曲線上で定義されたパラメータである。

【0015】

【数1】

$$X(s) = \sum_{i=0}^{n-1} B_i(s) Q_{ix} \quad (2)$$

$$Y(s) = \sum_{i=0}^{n-1} B_i(s) Q_{iy} \quad (3)$$

なお、 n は、制御点の総数、 Q_{ix} は、制御点 i の X 座標、 Q_{iy} は制御点 i の Y 座標、 $B_i(s)$ は、 n 次混合関数或いはBスプライン基本関数を表す。

【0016】

【数2】

$$B_i^n(s) = \binom{n}{i} s^i (1-s)^{n-1} \quad (4)$$

$$M_{ix} = \sum_{s=0}^{n-1} (d_{sx} - \sum_{i=0}^{n-1} B_i(s) Q_{ix})^2 \quad (5)$$

$$M_{iy} = \sum_{s=0}^{n-1} (d_{sy} - \sum_{i=0}^{n-1} B_i(s) Q_{iy})^2 \quad (6)$$

ステップ3. 各サンプル点において、曲線の垂直方向に関して、最も強いエッジ（濃度勾配が最も大きい領域）を探索する。自分自身と、このエッジまでの距離を移動距離として、全サンプル点に対して求める。

【0017】ステップ4. 各サンプル s 点の移動量 (d_{sx}, d_{sy}) から、次式を最小とする Q_{ix} 、 Q_{iy} を最小2乗法を適用して求め、新しい制御点 i までの移動量とする。

【数3】

【0032】本願第2の発明の動物体抽出装置は、それぞれ当該輪郭の特定方向の動きにのみ反応する複数の輪郭追跡手段の内、異なる特定方向の動きに反応する少なくとも2つの輪郭追跡手段を対として、それぞれ相互に異なる特定方向の動きに係る情報を補間することで全輪郭を安定して抽出し得るようにしたものである。

【0033】本願第3の発明の動物体抽出装置は、それぞれ当該輪郭の特定方向の動きにのみ反応する複数の輪郭追跡手段の内、異なる特定方向の動きに反応する少なくとも2つの輪郭追跡手段を対として、相互に当該輪郭追跡手段の動きを拘束することで外乱に対して堅固なものとなるようにしたものである。

【0034】本願第4の発明の動物体抽出装置は、設定される任意点と前記複数の輪郭追跡手段の各輪郭追跡手段との間に拘束手段を設けたことから当該輪郭追跡手段の動きが拘束され外乱に対して堅固なものとなるようにしたものである。

【0035】

【実施例】まず、本発明の基本的な概念について説明する。前述した第1の問題を解決するために、本発明では動いているエッジを優先的に抽出するようにしている。このエッジの抽出のために連続する画像間で差分処理、しきい値処理を行ない、輝度変化した変化領域を検出する。次に、この変化量の絶対値をとり、変化量とする。ビデオレートで2枚の連続した画像間差分処理を行なう場合は、この変化領域は、ほぼ動物体の輪郭に対応していると考えられる。最大勾配を持つエッジ探索は、この輝度変化領域内で行なう。これにより、誤って、背景画像中のエッジを抽出してしまうことを防ぐことが可能となる。

【0036】また、多少精度が悪くなるが、変化領域の中で変化量が最大の部分を輪郭として、探索して良い。物体が静止して、変化領域が検出されない場合は、最も近いエッジ、すなわち輝度勾配が最大の点を抽出する。

【0037】また、前述の第2の問題を解決するために、動物体の全輪郭を一つの処理で抽出することを選び、全輪郭を適宜の小部分に分割して処理するようにしている。さらに各部分処理は、お互いに拘束手段としての仮想のスプリング、あるいは、ダンパで接続されて拘束し合いながら処理を進める。各部分処理は、以下の2つの方法で実現する。

【0038】第1の方法として、各部分処理では、異なる方向にエッジ探索して抽出する。各部分輪郭抽出処理は、エッジ探索を特定方向（例えば、水平、垂直）に限定する。各部分輪郭抽出処理は、特定方向に動く輪郭のみの反応するという選択性をもつ。

【0039】したがって、全輪郭を一度に抽出する場合を比較して、輪郭の一部を抽出するもので、外乱の影響も小さくすむ。さらに、探索方向に垂直な方向には、輪郭の長さを変化させないので、外乱に対して堅固であ

る。各部分輪郭抽出処理に、自分自身の不足している動き情報や位置情報を、他の部分輪郭抽出処理から受けとる。これにより、部分輪郭抽出処理だけでは、2次元的な動きに対応できないという問題を回避して、全輪郭を安定に抽出することができる。

【0040】第2の方法は、エッジ探索を特定方向に限定しないで、エッジ探索処理を2段階で構成する。図3に処理の流れを示す。まず、第1処理では、Aで示す一時点前に抽出した輪郭モデル（例えばスネーク曲線）をその形状を保ったまま、平行移動、回転移動等のアフィン変換を行い、エッジの近傍まで移動させる。

【0041】続いて、第2処理では、狭い範囲でエッジを探索して輪郭モデルに変形を許し、エッジに完全に合致（フィット）させる。

【0042】この第1処理におけるアフィン変換の係数は、輪郭モデルの各サンプル点の移動量から最小2乗法を用いて求める。また、求めた移動量、回転角度だけ、輪郭モデルをアフィン変換する。この方法は、輪郭モデルの形状を保ったまま、現時点のエッジの近傍まで移動させ、その後で微小な変形を許すので、一度に大きな変形を許す場合に比べて、剛性が大きくノイズの影響に対して堅固なものとする事ができる。

【0043】さらに、前述の第3の問題に対しては、先に述べた手段により解決できる。全輪郭の部分毎に、異なる複数の処理で抽出するので、各処理は、分散、並列処理が可能であり、リアルタイム処理にも対応できる。また、サンプル点、制御点が増えても、並列処理する数を増やせば容易に対応できる。

【0044】次に、本発明に係る一実施例を図面を参照して具体的に説明する。なお、画像中から顔領域を抽出することは、画像を用いたヒューマンI/F技術において不可欠な要素技術である。本実施例では、より具体的なものとするために顔の輪郭抽出場合を例に説明する。図1は本発明に係る動物体抽出装置の構成を示したブロック図である。

【0045】図1に示すように、本実施例の動物体抽出装置は画像入力部1と、追跡輪郭決定部2と、輪郭追跡部群3と、ホスト計算機4と、画像出力部5及び位置決定部6とからなる。

【0046】また、画像入力部1はカメラ11とA/D変換器13によって構成され、このA/D変換器13と画像バスB1を介して接続される追跡輪郭決定部2は画像メモリ21、差分回路（エッジ抽出回路）23、2値化回路25、ラベリング回路27及び外接長方形算出回路29によって構成される。同様にA/D変換器13と画像バスB1を介して接続される輪郭追跡部群3はローカルモジュール、具体的にはn個の輪郭追跡部31a、31b、～、31nによって構成される。またホスト計算機4は、輪郭追跡部管理部41、拘束力計算部43、全輪郭算出部45及び3次元位置計算部47によって構

可能な複数のローカルモジュールで処理が行なわれる
(久保田、福井、石川、溝口：“物体の認識、識別をめざしたビジョンプロセッサの構想と試作モデルの開発”、信学技法、PRU89-07(1990))。ローカルモジュールは、図10に示すようにローカルプロセッサ75を備え、さまざまな並列処理がソフトウェアで実現できる。このローカルプロセッサ75は、ローカルバスB₁を介してバスインタフェース71、アドレスデコーダ73、ウィンドコントローラ77及びウィンドメモリ79と接続される。

【0060】線分を中心に含む適当な大きさの矩形領域を定め、その位置(アドレス)ウィンドウコントローラのレジスタにセットする。ローカルモジュールは、現時点(時刻t)その部分の画像をウィンドウメモリ79に画像バスB₁からビデオレートで取り込む。この領域を追跡ウィンドウW(図7参照)と呼ぶ。この追跡ウィンドウWは、輪郭モデルを含むサイズに設定される。次*

$$Force = force_{i-1} + force_{i-2} \quad (6)$$

$$force_{i-1} = Const1 * (Len_{i-1} - Len_{natural}) \quad (7)$$

$$force_{i-2} = Const2 * (Dlen_{i-1} / D_1) \quad (8)$$

ここで、Len_{i-1}は、輪郭追跡部i₁間の距離、Len_{natural}は、仮想スプリングの自然長、Const1は、スプリング定数、Const2は、ダンピング定数である。

【0064】各輪郭追跡部の輪郭モデルのサイズは、物体のサイズの拡大・縮小に伴って変化する。つまり、輪郭追跡部にすぎ間がある場合は、それを埋め、重なっている場合は、短くする。変化させる際の基準として、一部の輪郭モデルのサイズのみが大きくなるとそれだけ計算時間が大きくなり、全体の処理時間も上がるため、できるだけ長さが一樣になるように各サイズが決められ※30

$$X_{1,1,1} = X_{1,1,0} - (X_{1,1} - X_{1,0}) * rat \quad (9)$$

$$rat = Leng8 / (Leng1 + Leng8) \quad (10)$$

ここで、Leng8は、水平輪郭追跡部L8の水平長さである。

【0067】他方の端点のX座標X_{1,1,new}は、以下の式★

$$X_{1,1,1} = X_{1,1,0} - (X_{1,2} - X_{1,1}) * rat \quad (11)$$

$$rat = Leng2 / (Leng1 + Leng2) \quad (12)$$

ここで、Leng2は、水平輪郭追跡部L2の垂直長さである。

【0069】同様に、水平輪郭追跡部L2の輪郭モデルの垂直サイズは、両端のY座標、Y_{s2,new}とY_{e2,new}で☆

$$Y_{2,1,1} = Y_{2,1,0} - (Y_{2,1} - Y_{2,0}) * rat \quad (13)$$

$$rat = Leng1 / (Leng1 + Leng2) \quad (14)$$

他方の端点のY座標Y_{e2,new}は、以下の式で求まる。◆ ◆

$$Y_{2,1,1} = Y_{2,1,0} - (Y_{2,2} - Y_{2,1}) * rat \quad (15)$$

$$rat = Leng3 / (Leng2 + Leng3) \quad (16)$$

ここで、Leng3は、水平輪郭追跡部L3の垂直長さである。

【0072】他の輪郭追跡部の輪郭モデルのサイズも、同様に求まる。これにより画像中で、顔が距離により拡

*に、次時点(時刻t+Δ)で同じ部分の画像をウィンドウメモリ79から取り込む。まず、ローカルプロセッサ75は、この2枚の連続する画像間で差分処理を行ない、変化領域を検出する。さらに、取り込んだ画像データに対して、変化領域内で特定方向にエッジ探索処理を行ない、エッジを抽出・追跡する。

【0061】輪郭追跡部31の処理については、後で詳しく述べる。抽出したエッジの位置情報は、随時、パラレルポートなどにより、ホスト計算機4上の輪郭追跡部管理部41に転送される。

【0062】輪郭追跡部管理部41では、送られて来た輪郭位置情報から、拘束力Forceを求め、再度、各輪郭追跡部の位置を計算する(ステップS9)。また、輪郭モデルのSizeを求め、位置と共に各輪郭追跡部に送り返す。拘束力は、図中で仮想スプリング(波線)と仮想ダンバ(実線)で実現され、以下の式で求まる。

【0063】

【0065】図11を用いて、垂直輪郭追跡部L1の例を説明する。垂直輪郭追跡部L1の輪郭モデルの水平サイズは、両端のX座標、X_{s1,new}とX_{e1,new}で決まる。ここで、X_{s1,new}は、隣の水平輪郭追跡部L8の端点のX座標X_{s8,old}とX_{s1,old}の間隔と自分自身の水平長さLeng1で決まる。ここで、添え字newは、新しく計算された端点の座標、oldは、計算される前の座標である。

【0066】

★で求まる。

【0068】

☆決まる。ここで、Y_{s2,new}は、隣の垂直輪郭追跡部L1の端点のY座標Y_{e1,old}とY_{s2,old}の間隔と自分自身の垂直長さLeng2で決まる。

【0070】

大・縮小しても、各輪郭追跡部の輪郭モデルサイズが最適に変化してうまく輪郭を抽出して追跡できる。

【0073】全輪郭算出部45では、ステップS11で、得られた部分輪郭形状を繋げて全輪郭形状を算出す

3で求めた移動量だけ移動させる。

【0088】ステップ18. 求めた曲線をローカル画像メモリに書き込み、画像出力部5の出力モニタ51上に輪郭を表示する。

【0089】ステップ19. 次に、ローカルウィンドウを、全制御点の平均移動距離Distanceだけ移動させる。同時に、各制御点を-Distanceだけ移動させる。

【0090】ステップ20. ステップ13へ戻る。

【0091】なお、ステップ15の処理において、精度が多少落ちるものの変化領域中で、エッジ探索の替わりに、変化量が最大の部分をエッジとして探索しても良い。

【0092】次に、図13を参照して、実際の画像を用いた水平運動する輪郭追跡の結果について説明する。該図13中で、上段部分の実線W1は、従来のB-splineスプラインによるもの、下段の実線W2は、新しく差分情報を加味した輪郭追跡手段によるものをそれぞれ表している。また、長方形は、ローカルウィンドウを示している。2つの手段は、同じ初期位置(X座標が等しい)に置かれる。動物体(棒)の水平方向の移動と共に、棒を追跡して、途中まで、うまく追跡している。しかし、境界線W1は、背景の強いエッジの方を検出してしまい、追跡が失敗している。それに対して、境界線W2は、うまく最後まで追跡が成功している。

【0093】図14は、顔の輪郭をリアルタイムで抽出した結果を示している。各輪郭追跡部が顔にフィットしている様子がわかる。輪郭追跡部は、2つの水平輪郭追跡部と1つの垂直輪郭追跡部から成る。図15に、各輪郭追跡部の構成を示す。図13、14中で、矩形は、ローカルモジュールの追跡ウィンドウWを示している。ウィンドウ内の境界線W1、W2が、水平輪郭追跡部L_{el}、L*

$$\begin{pmatrix} X_{new} \\ Y_{new} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{old} \\ Y_{old} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M \\ N \end{pmatrix}$$

全制御点を、この求めたパラメータ分だけ回転・並行移動させる。ここで、全制御点は、同じ変換を受ける。これは、形状を変えないで回転・並行移動することを意味している。次のリラックス処理では、フリーズ処理の探索範囲よりも狭い範囲を各サンプル点において、探索して動きを求める。この段階では、形状の変形を許して、全制御点を動かす。このように2段階処理により、動物体が急激に動いたり、形状が変化する場合でも、剛性を持つことになり、外乱に強くなる。

【0099】次に第2の実施例としての動物体追尾カメラについて説明する。

【0100】この実施例は、画像中から動物体領域を抽出して、その動きに追尾して、パン、チルト、ズーム、フォーカスを自動制御するカメラに関する。図17は、実施例の全体的な構成図であり、画像入力部1Aと、追

*11. 境界線W3が垂直輪郭追跡部L_vを示している。

【0094】また、各輪郭追跡部間に拘束力に関しては、物理的なテンプレートによる方法でも、実現可能である。この拘束力を実現するために、図16に示すような複数の仮想スプリングと仮想ダンパが各輪郭追跡部の重心g位置と全輪郭重心G位置に置かれ、各輪郭追跡部に半径方向の拘束力を付加する。また、全輪郭重心Gには、仮想巻きバネが置かれて、回転方向の拘束力を実現している。各スプリングのバネ定数、ダンパの定数の初期値は、零に初期設定される。

【0095】輪郭追跡が予め設定される所定の処理ステップ時間に成功したら、スプリングの自然長がこの時の重心間距離に設定される。時間と共に、これらの値は大きくなってゆく。各スプリングでは、ポテンシャルエネルギーの値が計算され、この時間変化がモニタされている。時間変化が、決められた値より大きくなった場合、スプリングの自然長がその時の長さに再設定される。

【0096】前述の剛性を付加するには、前述した特定の方向にエッジ探索を行なう手段以外に、2段階処理による手段でも実現可能である。

【0097】基本的な考えは、全体処理を2段階の処理に分離する。第1処理をフリーズ、第2処理をリラックスと呼ぶ。まずフリーズ処理では、探索した各サンプル点の動き情報から、次式の

【外1】

回転パラメータA, B, C, D

移動パラメータM, Y

を最小2乗法により求める。

【0098】

【数7】

跡輪郭決定部2Aと、輪郭追跡部群3と、輪郭追跡部管理部41と、全輪郭算出部45と、3次元位置計算部47と、図示しないカメラ制御部と、カメラ雲台制御部8と、画像出力部とからなる。

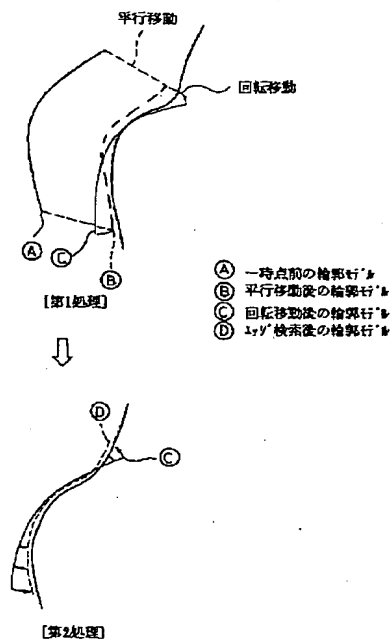
【0101】画像入力部1A、追跡輪郭決定部2A、輪郭追跡部群3、輪郭追跡部管理部41、全輪郭算出部45は、前述の実施例1に述べたものと略同様の作用を有するものである。カメラ制御部は、フォーカス制御部と、ズーム制御部85と、絞り制御部から構成される。フォーカス制御部は、入力される画像からフォーカス制御回路を用いてフォーカス調整する。ズーム制御部85では、3次元位置計算部47で計算された物体に大きさに基づいてズーム量を調整する。

【0102】ズーム制御量は、画像中で物体領域の面積の割合R_{ratio}が常に一定となるように、フィードバック

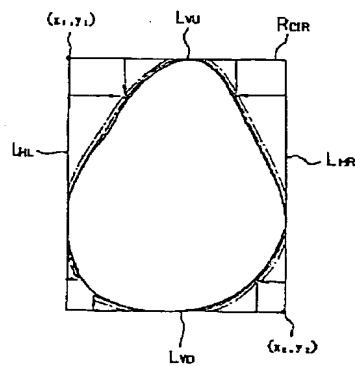
- 3 輪郭追跡部群
- 4 ホスト計算機
- 5 画像出力部
- 6 位置決定部
- 8 カメラ雲台制御部
- 9 中央演算処理装置 (CPU)
- 11 カメラ
- 13 A/D変換器
- 21 画像メモリ
- 23 差分回路 (エッジ抽出回路)
- 25 2値化回路
- 27 ラベリング回路
- 29 外接長方形算出回路
- 31 輪郭追跡部
- 41 輪郭追跡部管理部
- 43 拘束力計算部
- 45 全輪郭算出部

- 47 3次元位置計算部
- 51 出力モニタ
- 61 口位置決定部
- 63 両目位置決定部
- 65 鼻位置決定部
- 71 バスインタフェース
- 73 アドレスデコーダ
- 75 ローカルプロセッサ
- 77 ウインドコントローラ
- 79 ウインドメモリ
- 91 物体抽出処理部
- 93 表示変更演算部
- 95 物体追尾演算部
- 97 モニタ回転台制御回路
- 98 カメラ雲台制御回路
- 99 カメラ制御回路
- 101 グラフィックコントローラ

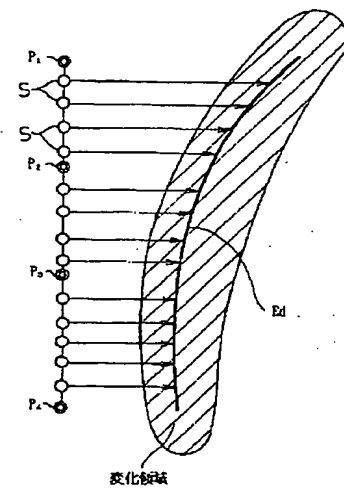
【図3】



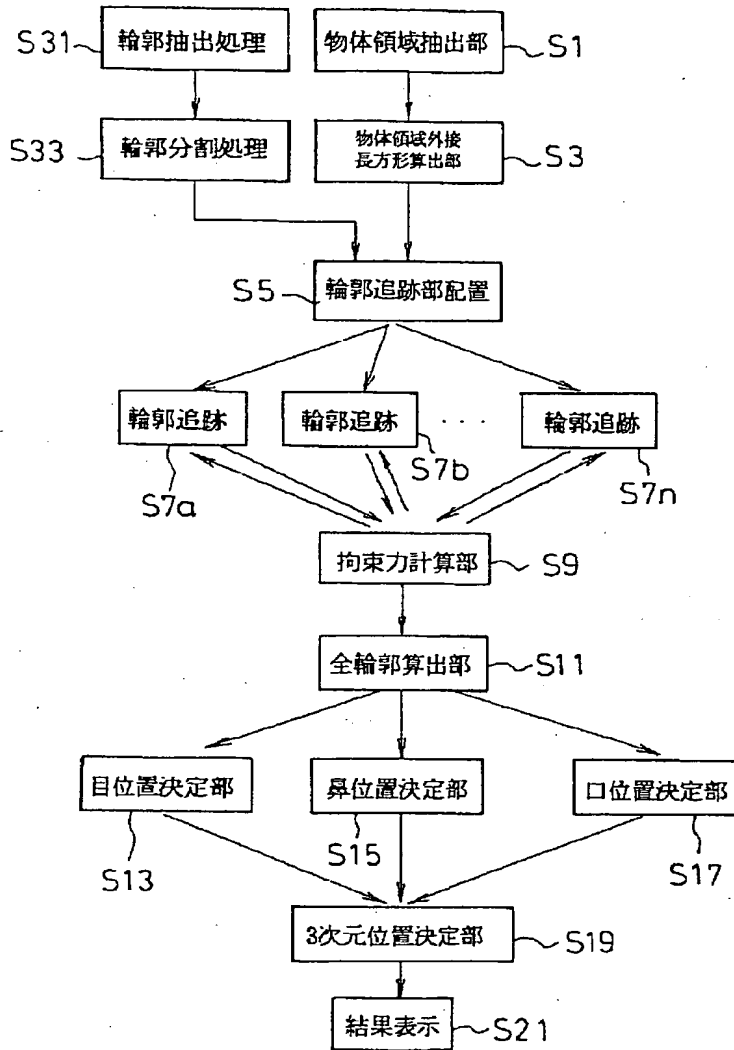
【図4】



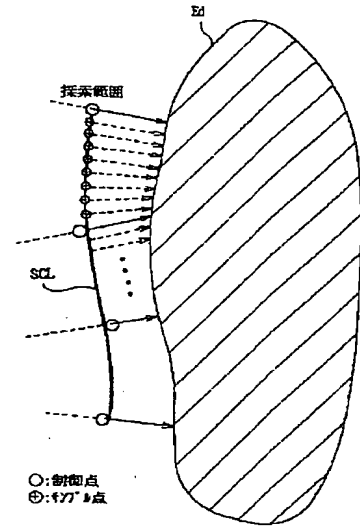
【図12】



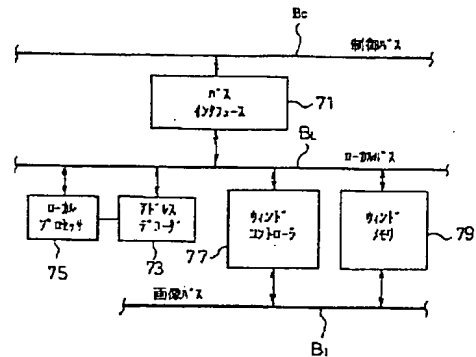
【図2】



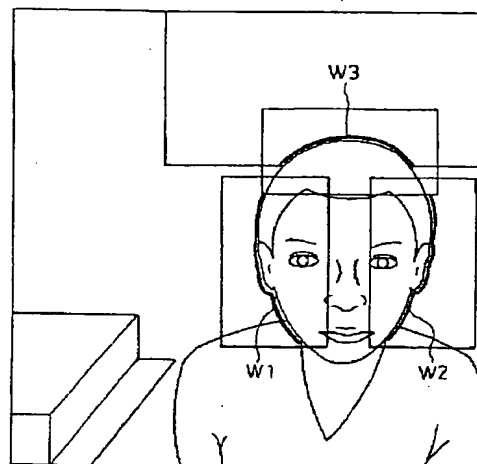
【図20】



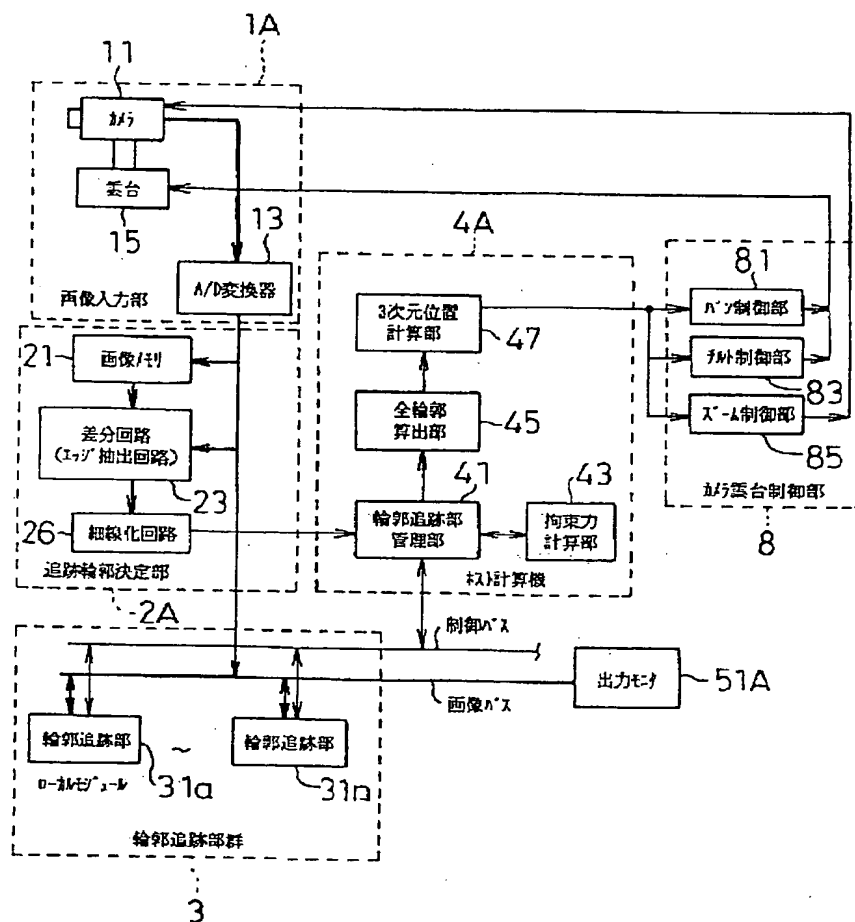
【図 10】



【图 14】



【図17】



(19)

特開平6-138137

【図19】

